



ANÁLISE DA COMPLEXIDADE DE PROCESSOS DE NEGÓCIO DE UMA ORGANIZAÇÃO PÚBLICA DE GRANDE PORTE DO DISTRITO FEDERAL

BUSINESS PROCESSES COMPLEXITY ANALYSIS OF A LARGE-SIZED PUBLIC ORGANIZATION OF THE FEDERAL DISTRICT

Mariana Mello Pereira* E-mail: pmello.mariana@gmail.com

Ana Carla Bittencourt Reis* E-mail: anacarlabr@unb.br

Alice Thadeu Firmino* E-mail: alicethadeu@hotmail.com

Letícia do Valle Pires Martinovic* E-mail: leticiaavpmartinovic@gmail.com

Nathalia Ferreira Borges* E-mail: nathaliaborges.unb@gmail.com

*Centro Interdisciplinar de Estudos em Transportes (Ceftru), Faculdade de Tecnologia (FT), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF

Resumo: As organizações se deparam constantemente com o desafio de gerir seus processos de negócio, o que envolve, dentre outras, atividades de modelagem, de implementação e de monitoramento de processos. A complexidade dos processos é considerada como um fator alvo de melhorias a fim de simplificar a execução dos processos e diminuir suas taxas de erro. Este estudo tem como objetivo a análise da complexidade de processos de uma grande organização pública do Distrito Federal e oferecer aos gestores insumos para apoiar suas decisões. Para tanto, além da utilização de métricas para analisar a complexidade dos processos, realizou-se uma análise estatística a fim de avaliar a viabilidade dos processos em torno do padrão organizacional.

Palavras-chave: Processos de Negócio. BPM. BPMN. Métricas de Complexidade. Apoio à Decisão.

Abstract: Organizations are constantly faced with the challenge of managing their business processes, which involves, among others, activities of modeling, implementation and monitoring of processes. The complexity of the processes is considered as a target for improvements in order to simplify the execution of processes and reduce their error rates. This study aims to analyze the complexity of processes of a large-sized public organization of the Federal District and provide managers with inputs to support their decisions. Therefore, besides the use of metrics to analyze the complexity of the processes, a statistical analysis was performed in order to evaluate the viability of the processes around the organizational standard.

Keywords: Business Process. BPM. BPMN. Complexity Metrics. Decision Support.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de processos de negócio, nas últimas décadas, foi empregado e difundido como um recurso básico para a estruturação do trabalho das organizações apoiado pelo uso de sistemas de informação, trazendo como vantagem a abordagem sistêmica e integrada ao transcender as divisões funcionais e a departamentalização (ALBUQUERQUE, 2012). Os processos de negócio reúnem as atividades que,

continuamente, precisam ser desempenhadas pela organização a fim de entregar seus bens e/ou serviços aos seus clientes.

As organizações apresentam o desafio cada vez maior de gerir seus processos de negócio, pois estes, em muitos casos, apresentam um alto grau de complexidade. É neste contexto que a Gestão de Processos de Negócio, denominada *Business Process Management* (BPM) em inglês, tem sido amplamente utilizada como um conceito que inclui as atividades de modelagem, implementação, execução, monitoramento, análise e otimização de processos de negócio (WEBER; MUTSCHLER; REICHERT, 2010).

O uso da Gestão de Processos de Negócio nas organizações visa aumentar a flexibilidade dos processos, além de aprimorar a utilização dos recursos e consequente satisfação dos clientes (MARTINHO; RIJO; NUNES, 2015). Segundo Albuquerque (2012), a BPM tem como objetivos principais a formalização dos processos em modelos ou diagrama e a obtenção de flexibilidade para a organização, no intuito de estruturar o trabalho e manter a capacidade de resposta às situações novas e imprevistas. O autor ressalta que estes objetivos devem ser balanceados para que um projeto de BPM obtenha sucesso.

De acordo com Santos (2012), processos com estruturas e tecnologias de elevada complexidade são mais suscetíveis a falhas e exigem, portanto, uma duração maior da execução, além de qualificação do pessoal para atingir os resultados almejados. Nos casos em que a qualificação dos executores é insuficiente para reduzir as possíveis falhas do processo, maior deve ser o esforço para controlar a complexidade do processo e detectar os pontos de melhoria.

A alta complexidade de processos pode resultar em falta de compreensão, defeitos e exceções, exigindo maior tempo para desenvolver, testar e manter os processos (CARDOSO, 2008). Desta forma, a simplificação de processos tidos como complexos deve ser considerada e, para tanto, é necessário primeiramente entender e identificar o que são julgados como processos complexos.

A introdução da Gestão de Processos de Negócio e da Reengenharia de Processos de Negócio (*Business Process Reengineering* - BPR) nas empresas apresenta alguns fatores críticos de sucesso como o treinamento dos executores do processo, comprometimento dos gestores, objetivos claros e mensuráveis, além do

apoio de um patrocinador na otimização dos processos (MARTINHO; RIJO; NUNES, 2015).

A partir do contexto apresentado, considera-se como problema de pesquisa a significativa quantidade de processos identificados em uma organização pública de grande porte necessários à consecução do objetivo organizacional. Soma-se a isso, a caracterização dos processos que envolve uma grande quantidade de elementos. A análise destes processos permite compreender a sua relação com a organização de forma a identificar aqueles que apresentam níveis de complexidade semelhantes e aqueles que são discrepantes. Este estudo contribui para a identificação dos processos que devem receber um maior nível de controle por meio da análise da sua complexidade.

As próximas seções do artigo são estruturadas da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico relativo a processos de negócio e à complexidade de processos, a seção 3 aborda a metodologia utilizada, a seção 4 apresenta e discute os dados da pesquisa e, por fim, a última seção apresenta as conclusões do artigo e proposição de trabalhos futuros sobre o tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção tem o intuito de elucidar os temas abordados pelo presente trabalho. São descritas as definições de processo de negócio e temas correlatos como gestão de processos de negócio e modelagem de processos. Também é abordado o tema complexidade de processos e suas métricas.

2.1 Processos de Negócio

Apesar do conceito de processos de negócio não ser desconhecido nem recente aos gestores das empresas, atualmente, este conceito está ganhando cada vez mais notoriedade e importância frente às organizações. O termo processo é definido, segundo a *Association of Business Process Management Professionals* [ABPMP] (2009), como uma agregação de atividades e comportamentos executados por humanos ou máquinas para alcançar um ou mais resultados. Já o conceito de negócio, refere-se a pessoas que interagem para executar um conjunto de atividades

de entrega de valor para os clientes e gerar retorno para as partes interessadas (ABPMP, 2009).

A formalização dos processos se dá pelo desenvolvimento de modelos de processos de negócio, que levam em conta, entre outras dimensões: objetivos de negócio, métricas, fluxos, dados, integrações e relacionamentos entre áreas (SOBREIRA NETTO, 2009). Nesse contexto, processo de negócio é definido pela ABPMP (2009) como um trabalho que entrega valor para os clientes ou apoia e gerencia outros processos.

Dessa forma, os processos de negócio são iniciados por eventos específicos que disparam as atividades e apresentam resultados que podem conduzir tanto ao fim do próprio processo quanto ao início de um processo distinto.

A visão de processo como uma atividade que integra uma organização de ponta a ponta surgiu há muito tempo por intermédio do estudo da reengenharia de processos de negócio, por Hammer e Champy na década de noventa, que antecedeu, junto com o Controle Estatístico de Processos, a Gestão de Processos de Negócio (BPM).

Hammer (2013) afirma que, em princípio, a reengenharia foi posicionada como uma iniciativa ocasional, em vez de contínua. Em contrapartida, ela introduziu dois novos significados ao mundo dos processos. O primeiro foi a ideia, citada anteriormente, de um trabalho de ponta a ponta que atravessa a empresa para criar valor ao cliente. O mesmo autor também explica que lidar com processos de larga escala e, que, verdadeiramente abranjam uma empresa de ponta a ponta significa enfatizar aspectos de alta alavancagem das operações de uma organização que, portanto, gerem resultados bem mais amplos. Em outras palavras, ao tratar processos que superem as fronteiras funcionais, a reengenharia seria capaz de combater os problemas da fragmentação: os atrasos, os custos indiretos que não agregam valor, os erros e a complexidade que inevitavelmente advêm quando o trabalho transcende as diferentes organizações com diferentes prioridades, fontes de informações e medidas.

O segundo foi o foco sobre o desenho do processo, em contraposição à execução do processo. Para Hammer (2013) a reengenharia encontrou uma pressuposição tácita de que os desenhos de processo eram lógicos e as dificuldades de desempenho resultavam de falhas na execução. Além disso, reconheceu que um

processo não consegue funcionar de forma sustentável melhor que o seu desenho. Em outras palavras, se o nível de desempenho ultrapassar a capacidade do desenho, o antigo necessitaria ser descartado dando lugar à introdução de um novo.

Nesse cenário, pela busca de melhorias de desempenho de processos e com a finalidade de assegurar que os processos de negócio estejam alinhados com os objetivos da organização, surgiu o sistema integrado de Gestão de Processos de Negócio (*Business Process Management - BPM*) (ABPMP, 2009).

A Gestão de Processos de Negócio é a ação de identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar, controlar e melhorar processos de negócio automatizados ou não, para alcançar os resultados pretendidos, de forma consistente e alinhada com as metas estratégicas de uma organização (ABPMP, 2009).

Por meio do BPM, uma organização pode criar processos de alto desempenho, que funcionem com custos mais baixos, maior velocidade, maior acurácia, melhor uso de ativos e maior flexibilidade (HAMMER, 2013). Entretanto, a aplicação do BPM não é limitada à procura pela eficiência operacional, na medida em que também pode ser considerada como elemento fundamental de apoio à gestão organizacional (KLUSKA; LIMA; COSTA, 2015).

O gerenciamento ponta a ponta de um grande número de processos de negócio ao longo de fronteiras funcionais introduz um novo paradigma, que altera fundamentalmente o modo como as organizações tomam decisões e a forma como os recursos são alocados (ABPMP, 2009). Tegner *et al.* (2016) defendem que as técnicas do BPM podem ser incorporadas à necessidade de eliminar desperdícios em áreas administrativas devido ao crescente aumento da competitividade, que pressiona as empresas na redução de custos e despesas fixas.

Paim *et al.* (2009) afirmam que qualquer organização produtiva, seja pública, privada, ou do terceiro setor, tem, sem exceção, que coordenar o trabalho a ser realizado. E vão além, estes autores explicam, também, que os procedimentos de coordenação do trabalho estão intrinsecamente relacionados à forma como os recursos e as atividades estão projetados, à forma como as atividades são geridas cotidianamente e aos meios que a organização utilizará para gerar o aprendizado e para promover as melhorias nesta forma de coordenação do trabalho e nas operações. Complementam que quanto maior for a complexidade da coordenação do

trabalho por meio do sistema produtivo, a exigência de se desenvolver a capacidade de gerir os processos também será maior.

De acordo com a ABPMP (2009), uma mudança de estrutura de governança de gerenciamento funcional para o gerenciamento de ponta a ponta dos processos em uma organização pode levar anos e requer planejamento, disciplina e perseverança. Além disso, deve contar com o envolvimento e o comprometimento dos diversos níveis da organização – desde a liderança executiva que define e apoia a prática de BPM, passando pela camada de gestão funcional chegando até as equipes funcionais que, frequentemente, devem trabalhar em equipes ampliadas e até mesmo virtuais para assegurar a entrega de valor para o cliente.

A ABPMP (2009) propõe um ciclo para gerenciar os processos de negócio. Esse ciclo engloba as atividades de Planejamento, Análise, Desenho e Modelagem, Implementação, Monitoramento e Refinamento. O Ciclo de gerenciamento de processos de negócio é baseado no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act* – em português Planejamento, Execução, Controle, Ação) e possui cada uma das suas fases com funções bem definidas.

O BPM tem, também, como função apoiar o processo de desenvolvimento de software. Há a visão gerada pela integração promovida pelos processos, que podem alinhar as estratégias do negócio e da tecnologia da informação. As organizações vêm se preocupando cada vez mais em se reciclar e inovar frente ao mercado, e uma técnica que vem sendo muito utilizada na busca pela melhoria dos processos das organizações é a modelagem dos processos de negócio. As empresas precisam construir, reavaliar e criar novos modelos de negócio e, essa renovação é o nível mais alto de uma estratégia que não pode ser controlada por intermédio da melhoria contínua, recriando métodos ou reestruturação organizacional (PEREIRA *et al.*, 2009).

Segundo a ABPMP (2009), a modelagem de processos, utilizada na Gestão de Processos de Negócio, é uma abordagem que reúne habilidades necessárias que permitem que as pessoas compreendam, comuniquem, avaliem e administrem os processos de negócio.

A ABPMP (2009) ressalta, porém, que a modelagem de processos pode ser executada tanto para o mapeamento dos processos atuais como para o mapeamento de propostas de melhoria, modelagem chamada de “*To Be*”. De acordo com Pereira *et al.* (2009), a modelagem de processos é a fase mais visível do BPM por

compreender principalmente duas grandes atividades: a modelagem do estado atual do processo (“*As Is*”) e a otimização e modelagem do estado desejado do processo (“*To Be*”).

Eriksson e Penker (2011) citam que a modelagem do processo de negócio permite identificar, principalmente, as informações de sistemas necessárias para definir o conjunto de requisitos funcionais para suportar a operação dos negócios da organização e os requisitos não funcionais, a fim de possibilitar uma melhor análise e projeto do sistema. Xavier *et al.* (2010) reforçam a importância da modelagem dos processos de negócio na fase de engenharia de requisitos para o desenvolvimento de uma aplicação de software mais eficaz.

É interessante destacar que, a modelagem de processo de negócio no contexto de desenvolvimento de sistemas ou fora desse contexto, é uma atividade que necessita ser gerenciada, uma vez que é uma atividade que envolve vários recursos e tempo para ser concluída (XAVIER *et al.*, 2010).

Segundo Sobreira Netto (2009), o termo modelagem de processo de negócio é usado para caracterizar a identificação e a especificação (normalmente informal) dos processos de negócio. As fases incluem a modelagem de atividades e seus relacionamentos causais e temporais, bem como as regras de negócio específicas que as execuções de processos precisam cumprir. Acredita-se que processos de negócio são complexos e que devem gerar valor para os clientes. Um modelo de processo de negócio necessita ser entendido por todos os envolvidos de forma clara e coesa. Os envolvidos devem ter um entendimento comum sobre todo o modelo.

A modelagem de processos “deve ter um papel mais forte na comunicação com o negócio, mas de forma diferente de antes: menos ênfase nos mapas de processos e mais ênfase nos serviços e capacidades de negócio” (ABPMP, 2013).

Diante do exposto, observa-se que a melhoria dos processos, citada aqui como fator estratégico, envolve a análise de sua complexidade a fim de avaliar, dentre outros aspectos, a dificuldade de compreensão do processo das atividades que o compõe. Este é um fator chave para o bom desempenho das atividades e está descrito na seção 2.2.

2.2 Complexidade de Processos

Segundo Cardoso *et al.* (2006), à medida que a implementação e a integração de sistemas proporcionadas pela gestão por processos torna-se essencial nas organizações, cresce a necessidade de analisar como os erros podem ser evitados ou como a qualidade dos processos pode ser melhorada. Dessa forma, há evidências, segundo os autores, de que a complexidade dos processos representa uma probabilidade de erro determinante, o que implica em maiores falhas.

A complexidade, segundo Cardoso (2008), é uma característica que permite analisar o grau de dificuldade de compreensão e de explicação de um processo. O número de atividades existentes, a quantidade de ramos paralelos e a existência de *loops* são características que permitem essa mensuração. Sendo assim, um processo de negócio pode ser considerado complexo devido ao elevado número de fluxos, de atores e de decisões que determinada funcionalidade contenha.

Muketha *et al.* (2010) desenvolveram uma pesquisa sobre as métricas de complexidade de processos de negócio existentes na literatura no período de 2005 até 2010. Ao analisar as métricas de Cardoso (2008), Cardoso *et al.* (2006), Gruhn e Laue (2006), Lassen e Aalst (2009), Vanderfeesten *et al.* (2008) e Mendling e Neumann (2007), os autores concluíram que poucas métricas foram propostas e, dentre elas, somente algumas foram validadas. Cardoso (2008) se destaca por ser a única referência que apresenta validação teórica e resultados teóricos significantes.

Cardoso (2008) define que não existe apenas uma métrica que possa ser utilizada para medir a complexidade dos processos, e que essa análise pode ser feita em quatro perspectivas diferentes. A primeira perspectiva de análise da complexidade de processos se dá pela contagem do número de atividades que determinado processo possui. Dessa forma, quanto mais atividades um processo tiver, provavelmente maior será a sua complexidade.

Na segunda perspectiva de análise, de acordo com Cardoso (2008), é realizada uma medição dos fluxos de controle por meio do número de caminhos existentes. Os caminhos diversos que surgem devido às divisões ou exceções e as atividades executadas em paralelo são representados por *gateways*.

A terceira perspectiva de análise para medir a complexidade se dá pela dependência entre o fluxo de dados. Quanto mais complexos e formais forem as

estruturas de seus dados, maior será a complexidade de um processo. Esta perspectiva é a mais dinâmica e concentra-se na dependência dos dados entre as atividades e suas integrações. Por fim, a quarta perspectiva mede a complexidade por meio da quantidade de recursos utilizada no processo, sejam humanos, tecnológicos ou maquinários (CARDOSO, 2008).

Para reduzir a complexidade, o primeiro passo, segundo Latva-Koivisto (2001), é reconhecer a existência da complexidade e, em seguida, medi-la. Essa medição parte de uma atividade básica de qualquer abordagem sistemática de metodologia científica para propor melhorias. Para analisar e aperfeiçoar um processo de negócio deve-se levar em conta o tempo de espera, a utilização de recursos, a eficácia e outras propriedades. De forma semelhante, segundo o autor, a complexidade desses processos precisa ser analisada e dimensionada.

É evidente que a complexidade desnecessária em um processo de negócio provavelmente resultará em falhas do mesmo. De acordo com Latva-Koivisto (2001), isso se deve à dificuldade acrescida ao processo complexo, o que compromete também a sua gestão. O autor propõe que a redução de falhas do processo não pode comprometer a complexidade, e que a complexidade de um processo só deve ser melhorada até que nenhuma outra propriedade seja atingida. Dessa forma, se a complexidade de um processo pode ser reduzida sem que haja comprometimento de suas outras boas propriedades, deve-se continuar a melhorá-la.

De acordo com Cardoso (2008), a medição da complexidade dos processos está intuitivamente ligada à legibilidade, ao esforço, à confiabilidade e à manutenção dos processos de negócio, o que permite uma ideia da eficiência praticada em um processo ou uma documentação. Dessa forma, as métricas são ferramentas de importância gerencial para os desenvolvedores, pois contribuem para a elaboração de estimativas de prazo e de custos, para o estabelecimento de metas coerentes, auxiliam no redesenho dos processos e facilitam a tomada de decisões.

Encontram-se, na literatura, algumas métricas que permitem a identificação e a classificação dos processos de negócio quanto à sua complexidade, como por exemplo, a Complexidade Ciclômática de McCabe (*McCabe's Cyclomatic Complexity - MCC*), o Peso Cognitivo (*Cognitive Weight*) e o Número de Atividades em um Processo (*Number of Activities in a Process - NOA*) (CARDOSO, 2008).

A MCC tem sido uma das métricas de software mais utilizadas e populares para compreender a complexidade de processos (CARDOSO, 2008). De acordo com Cardoso *et al.* (2006), a métrica *McCabe's Cyclomatic Complexity* quantifica, por meio do gráfico de fluxo de controle, a quantidade dos diversos caminhos que resultam em um mesmo fim ou objetivo. Este gráfico considera apenas estruturas de controle (*if-else, loop e switch*) e é construído a partir de um programa de *software*.

Cardoso *et al.* (2006) definem que McCabe utilizou a medida de complexidade de processos da Teoria dos Grafos, a qual emprega a definição de número ciclomático. O número ciclomático corresponde ao número de caminhos que são linearmente independentes, resultando em um único número que pode ser usado para a comparação com os outros processos. Esta métrica, desde a sua criação, tem sido uma das mais utilizadas e já foi aplicada em milhões de linhas de código no Departamento de Defesa Americano. Por conta disso, a MCC é considerada um indicador confiável de complexidade de fluxo de controle e, portanto, é usada em grandes projetos de *software*.

A métrica do Peso Cognitivo define um peso, específico em cada estrutura, para medir o esforço necessário para compreender um determinado pedaço de *software* (GRUHN; LAUE, 2006). Dessa forma, o Peso Cognitivo Total de um *software* é o resultado da soma dos Pesos Cognitivos de suas estruturas de controle (ΣCW), como mostra o Quadro 1.

Dessa forma, de acordo com a métrica do Peso Cognitivo, a complexidade de um *software* depende de três fatores: a entrada, a saída e o processamento interno. Entretanto, muitas vezes, o BPM ilustra o fluxo de controle de documentos de forma abstrata, o que resulta em não ter que levar este fator em consideração na definição dos pesos de entrada e de saída. Portanto, para a adaptação dessa métrica em processos de negócio, há exigências que devem ser atendidas, como a quantidade de eventos de fim e os desvios, que ocasionam múltiplos caminhos. Além disso, a métrica *Cognitive Weight* utiliza as definições de Controle de Fluxo (CFC) para as divisões exclusivas (XOR), inclusivas (OR) e paralelas (AND) (GRUHN; LAUE, 2006).

Outras métricas de Gruhn e Laue (2006) incluem o número de atividades, a profundidade máxima e média da rede, número de alças para medir a estrutura do modelo e (anti) padrões para modelos de processo de negócio, sendo que este autor

propôs separadamente a métrica NOA, também proposta por Cardoso *et al.* (2006) na mesma época (MUKETHA *et al.*, 2010).

Quadro 1 - Pesos Cognitivos (Cognitive Weights)

Estruturas de Controle	W
Sequência (número arbitrário de declarações numa sequência sem ramificação)	1
Chamada de um usuário - função definida	2
Ramificando com se - em seguida ou se - então - outra	2
Ramificação com casos (número arbitrário de casos selecionáveis)	3
Interação (para - fazer, repetir - até que, enquanto - fazer)	3
Chamada de função recursiva	3
Execução em fluxos paralelos	4
Interromper (evento de fim)	4

Fonte: Adaptado de Gruhn e Laue (2006)

Para a complexidade de CFC, Cardoso (2008) propõe usar duas métricas correlacionadas: a Complexidade de Controle de Fluxo Absoluta (CFCabs), que consiste na soma dos caminhos alternativos de cada tipo de *gateway* (OR, XOR e AND); e a Complexidade de Controle de Fluxo Relativa (CFCrel), que é dada pela divisão da CFCabs pelo número total de *gateways*.

Rolón *et al.* (2009) analisaram e validaram essas métricas para processos de negócio modelados com a notação BPMN (*Business Process Modeling Notation*).

$$\text{CFCabs} = \sum \text{Caminhos} \quad (1)$$

$$\text{CFCrel} = (\sum \text{Caminhos}) / (\sum \text{Gateways}) \quad (2)$$

No que tange à Complexidade de Atividade, Cardoso *et al.* (2006) definem a métrica NOA como derivada de uma métrica já existente na Engenharia de Software, a métrica Linhas de Código (*Lines Of Code - LOC*), baseada na contagem do número de linhas de código de um programa. Segundo Cardoso (2008), a NOA é considerada uma métrica simples e é fundamentada na contagem do número total de atividades em um determinado processo de negócio.

$$\text{NOA} = \sum \text{Atividades} \quad (3)$$

A segunda métrica para avaliar a complexidade de atividade, Número de Atividades e elementos de Controle de fluxo (NOAC - *Number Of Activities and Control-flow elements*), corresponde à soma do número total de atividades ao número total de *gateways*, definidos como nós de decisão e de junções, de um processo (MARTINHO; RIJO; NUNES, 2015).

$$\text{NOAC} = \Sigma \text{Atividades} + \text{Gateways} \quad (4)$$

A LOC é considerada simples e popular entre os usuários embora seja criticada como uma forma de medição de complexidade, uma vez que viabiliza a obtenção de previsões de diversas características, como erros de ocorrências, de confiabilidade e da facilidade de manutenção (CARDOSO *et al.*, 2006). É válido ressaltar que esta métrica fornece uma visão do comprimento do processo e que não leva em consideração a funcionalidade ou a complexidade de suas atividades.

Outras métricas propostas por Cardoso *et al.* (2006) incluem a Complexidade de Interface (IC – *Interface Complexity*), que considera a duração do processo e os fluxos de dados de entrada e saída, e a Complexidade do Processo baseada em Halstead (HPC – *Halstead-based Process Complexity*), que aborda o número de atividades, elementos do controle de fluxo e variáveis de dados únicos. Além dessas, há as métricas orientadas para o gráfico. O Coeficiente da Complexidade da Rede (CNC - *Coefficient of Network Complexity*) mede a complexidade de um gráfico e equivale ao número de arcos dividido pelo número de atividades, junções e nós de decisão. O Índice de Complexidade (CI - *Complexity Index*) é o número mínimo de reduções de nó que reduzem o gráfico para um único nó. Por fim, o Estimador de Restrição (RE – *Restrictiveness Estimator*) estima o número de sequências viáveis em um gráfico.

Mendling e Neumann (2007) propuseram seis métricas de erro intimamente relacionadas à complexidade e baseadas na teoria gráfica: tamanho, separabilidade, sequencialidade, estrutura, ciclicidade e paralelismo. O tamanho conta o número de nós em um gráfico G. A separabilidade é a razão dos vértices cortados (separam o modelo do processo em componentes múltiplos ao serem eliminados) para o número de nós. A sequencialidade mede a razão de arcos de uma sequência para o número total de arcos. A estrutura mede até que ponto um modelo de processo pode ser

construído ao aninhar blocos de conectores de junção e separação. A ciclicidade relaciona o número de nós de um mesmo ciclo ao número total de nós. O paralelismo é relacionado ao número de caminhos concorrentes que devem ser sincronizados.

Vanderfeesten *et al.* (2008) introduziram a métrica de Conectividade Cruzada (CC – *Cross-Connectivity*), que consiste numa métrica de previsão de erro que mede a força das ligações entre os elementos do processo.

As métricas propostas por Lassen e Aalst (2009) são a Métrica de Cardoso Estendida (ECaM – *Extended Cardoso Metric*), que estende a CFC, a Métrica Ciclomática Estendida (ECyM – *Extended Cyclomatic Metric*) para medir a acessibilidade do gráfico e a Métrica de Estruturação (SM – *Structuredness Metric*) para medir a estrutura do *design*.

Diante do exposto, a complexidade dos processos de negócio da organização estudada pode ser mensurada a partir da disponibilização dos modelos de cada processo. Sendo assim, a metodologia utilizada na pesquisa é apresentada na seção 3, contendo a descrição das etapas necessárias para a obtenção e para a análise dos dados.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa teve início no levantamento bibliográfico para a identificação das métricas que podem ser utilizadas para avaliar a complexidade de processos de negócio. A plataforma de busca utilizada foi o Periódico da CAPES, inserindo *business process* e *complexity metrics* como palavras-chave. Com base no referencial teórico obtido, foram selecionadas algumas das métricas a serem apresentadas na seção 3.1. Também foi realizada uma análise estatística da variabilidade dos processos de negócio, apresentada em gráfico *Box-Plot*.

A abordagem deste trabalho é quantitativa, ao passo em que utiliza as métricas de processos (dados numéricos) para determinar a complexidade dos mesmos, realizando análises estatísticas. Os dados dos processos são provenientes de um projeto de pesquisa realizado pela Universidade de Brasília – UnB, mais especificamente por integrantes dos cursos de Engenharia de Produção e de Engenharia de Software. A natureza da pesquisa é aplicada, pois não visa desenvolver teorias, mas aplicá-las em um contexto real. Dessa forma, a estratégia

adotada é o estudo de caso de uma organização pública de grande porte, utilizando os dados de uma amostra de seus processos para avaliar a complexidade segundo métricas pré-estabelecidas na teoria. De acordo com Yin (2010), o estudo de caso tem o objetivo de compreender um fenômeno real em profundidade e de forma contextual.

O método da pesquisa consistiu em distintas etapas para sua viabilização. O primeiro passo foi a escolha das métricas de complexidade adotadas por Cardoso (2008) e Martinho, Rijo e Nunes (2015) - NOA, NOAC, CFCabs e CFCrel - a serem mensuradas e utilizadas para a análise dos dados.

O segundo passo consistiu em coletar os dados necessários para aplicar estas métricas de complexidade. O Número de Atividades (NOA), o somatório de *gateways* (desvios) e a quantidade total de caminhos por desvio de cada processo (CFCabs) foram contabilizados em uma planilha contendo cento e vinte e três (123) processos. Esta planilha traz as informações numéricas de cada elemento previsto na BPMN para cada processo e somente as informações necessárias para mensurar as métricas, que serão apresentadas na seção 4, e foram coletadas e tratadas. Após a coleta destes dados, as métricas NOAC e CFCrel foram calculadas.

Por fim, com todas as informações necessárias, o terceiro passo foi a apresentação dos dados por meio de um gráfico *Box-Plot*. Buscou-se uma ferramenta capaz de representar a dispersão dos processos considerando todas as métricas de análise de complexidade utilizadas (NOA, CFCabs, NOAC, CFCrel) e apontar para padrões da organização. Segundo Costa Neto (2002), as medidas de dispersão têm como objetivo indicar o quanto os dados se apresentam dispersos em torno da região central, caracterizando o grau de variação existente no conjunto de valores. O gráfico em questão permite a visualização das medidas de dispersão e fácil identificação dos pontos discrepantes através dos *outliers*. Sendo assim, os processos que apresentam grau de complexidade divergente da maioria dos processos, são identificados e devem receber maior grau de atenção e controle.

A seção 3.1 apresenta as métricas de complexidade utilizadas, bem como a seção 3.2 apresenta a ferramenta gráfica *Box-Plot*.

3.1 Métricas de complexidade

Para atingir o objetivo proposto, as métricas de complexidade selecionadas

para serem empregadas neste trabalho foram baseadas em Cardoso (2008) e Martinho, Rijo e Nunes (2015) e podem ser divididas em Complexidade de Atividade e Complexidade de Controle de Fluxo (CFC). Conforme mencionado na seção 2.2, estas métricas possuem validação teórica e resultados teóricos significantes, portanto, justifica-se a adoção de suas métricas como base para o presente estudo.

Resumidamente, ao que já foi exposto na seção 2.2, a Complexidade de Atividade de um determinado processo é constituída por duas métricas: o NOA e o NOAC. A primeira consiste no número total de atividades do processo e a segunda corresponde ao somatório da primeira ao número total de *gateways* (CARDOSO, 2008). O Quadro 2 apresenta todas as métricas utilizadas na pesquisa de acordo com o tipo de complexidade.

Quadro 2 - Métricas utilizadas na pesquisa

Tipo de Complexidade	Métrica
Complexidade de Atividade	Número de Atividades (NOA)
	Número de Atividades e Elementos de Controle de Fluxo (NOAC)
Complexidade de Controle de Fluxo (CFC)	Complexidade de Controle de Fluxo Absoluta (CFCabs)
	Complexidade de Controle de Fluxo Relativa (CFCrel)

Fonte: Martinho, Rijo e Nunes (2015)

Conforme apresentado no Quadro 2, a Complexidade de Controle de Fluxo (CFC) é composta por duas métricas: a CFCabs e a CFCrel. A CFCabs equivale à soma de todos os caminhos alternativos de cada tipo de *gateway* e a CFCrel divide a CFCabs pelo número total de *gateways* (CARDOSO, 2008).

A primeira perspectiva nos traz uma proporção direta entre o número de atividades e a complexidade de um processo. Já esta última traz uma proporção direta dos caminhos do processo com a complexidade do mesmo.

A seção 3.2 contém a descrição do gráfico *Box-Plot*, usado para a análise estatística da variabilidade dos processos por meio destes dados de complexidade dos processos de negócio.

3.2 Box-Plot

Segundo Obed e Goralczyk (2010), o *Box-Plot*, ou gráfico de caixa, é uma

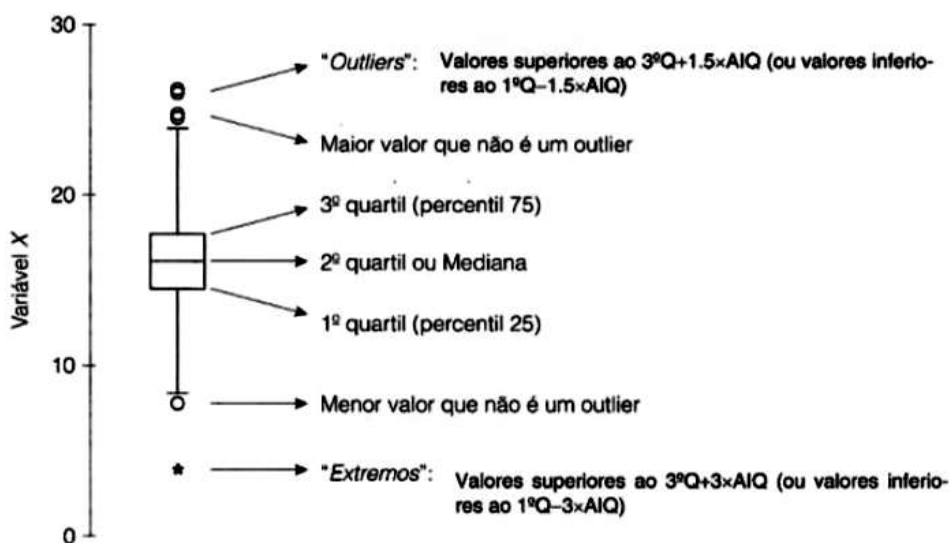
maneira intuitiva de representar informações resumidas sobre a tendência central, a dispersão e a simetria de um conjunto de valores, bem como a presença de valores atípicos.

De acordo com Bussad e Morettin (2004), o *Box-Plot* avalia a distribuição empírica dos dados por meio de: primeiro quartil, mediana (ou segundo quartil), terceiro quartil e o Intervalo Interquartil. Os quartis dividem os dados ordenados em quatro conjuntos com a mesma quantidade de valores. Assim, o gráfico utiliza um retângulo para representar a mediana, o primeiro e o terceiro quartis.

Do retângulo para cima, há uma linha até o ponto mais remoto chamado Limite Superior, que representa 1,5 vezes o Intervalo Interquartil maior que o terceiro quartil. De modo similar, para baixo do retângulo, existe uma linha até o ponto mais remoto chamado Limite Inferior, que consiste em 1,5 vezes o Intervalo Interquartil menor que o primeiro quartil. Os valores compreendidos entre esses dois limites são chamados de valores adjacentes. As observações que estiverem além destes limites estabelecidos são chamadas de pontos exteriores e representadas por asteriscos, sendo destoantes das demais e podendo ou não ser consideradas *outliers* (valores atípicos). Do ponto de vista estatístico, um *outlier* pode ser o produto de um erro de observação ou de arredondamento (BUSSAD; MORETTIN, 2004).

A Figura 1 apresenta a disposição do gráfico *Box-Plot*, na qual a AIQ representa a Amplitude Interquartílica ou Intervalo Interquartil (CAPELA; CAPELA, 2011).

Figura 1 - Exemplo de gráfico *Box-Plot*



Fonte: Capela e Capela (2011)

Segundo Yoav (1988), o *Box-Plot* é considerado uma ferramenta simples, mas poderosa para analisar a exibição de um lote de dados. Utilizado para a análise exploratória de dados flexíveis, permite estudar a simetria e a variabilidade de dados mais complexos. Neste artigo, o *Box-Plot* foi empregado para avaliar o comportamento da variabilidade da complexidade dos cento e vinte e três (123) processos, conforme apresentado na seção 4, juntamente à análise dos dados.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados provenientes do projeto de pesquisa, citados anteriormente, resultaram na coleta do número de atividades básicas de cada processo (NOA), da soma dos caminhos alternativos de cada tipo de desvio (CFCabs), do número de atividades e elementos de controle de fluxo em um processo (NOAC) e da soma dos caminhos alternativos de cada tipo de desvio dividido pela soma de desvios (CFCrel) para os cento e vinte e três processos estudados, os quais são apresentados na Tabela 1.

A investigação da literatura não apresentou o estabelecimento de padrões para cada métrica, definindo um limite a partir do qual os processos podem ser considerados complexos ou não. Para este trabalho, o *Box-Plot* foi empregado para possibilitar a análise da variabilidade dos processos proporcionando uma melhor compreensão do comportamento dos processos organizacionais, uma vez que os processos que se afastam do padrão são considerados como pontos de melhoria.

Sendo assim, a mediana será a medida considerada para os processos padrões e os pontos *outliers*, situados acima do Limite Superior, serão considerados como processos de complexidade elevada. Os pontos *outliers* situados abaixo do Limite Inferior foram desconsiderados por representarem processos que estão abaixo do padrão resultando em processos de baixa complexidade, que não é o foco do trabalho em questão. A Tabela 2 apresenta as medidas descritivas do *Box-Plot*.

Tabela 1 - Dados para a análise da complexidade referentes a cada processo

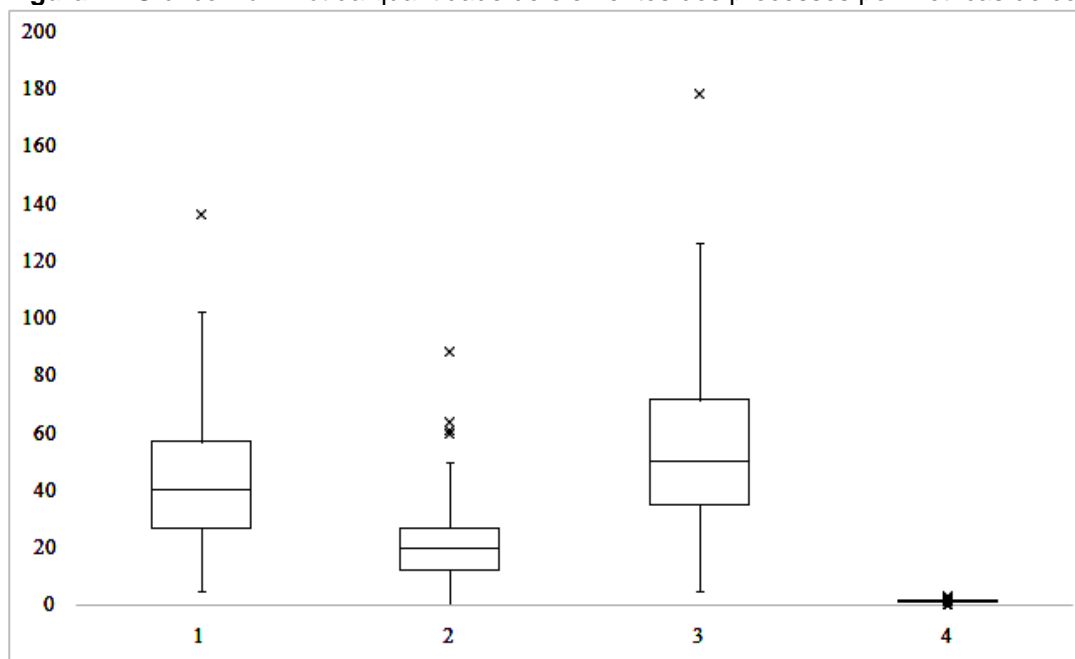
#	NOA	CFCabs	NOAC	CFCrel	#	NOA	CFCabs	NOAC	CFCrel	#	NOA	CFCabs	NOAC	CFCrel
P1	25	24	37	2,0	P42	65	26	78	2,0	P83	39	18	48	2,0
P2	35	26	48	2,0	P43	38	12	44	2,0	P84	34	14	41	2,0
P3	22	14	29	2,0	P44	77	42	100	1,8	P85	136	88	178	2,1
P4	48	18	58	1,8	P45	62	34	79	2,0	P86	25	6	28	2,0
P5	27	14	34	2,0	P46	52	36	70	2,0	P87	92	64	124	2,0
P6	76	37	93	2,2	P47	38	22	49	2,0	P88	37	18	45	2,3
P7	32	12	38	2,0	P48	5	0	5	0,0	P89	47	11	52	2,2
P8	30	30	44	2,1	P49	34	23	46	1,9	P90	35	8	39	2,0
P9	67	32	84	1,9	P50	15	0	15	0,0	P91	46	26	59	2,0
P10	63	40	83	2,0	P51	36	18	45	2,0	P92	37	31	52	2,1
P11	33	26	47	1,9	P52	47	19	58	1,7	P93	46	26	58	2,2
P12	47	38	66	2,0	P53	37	8	41	2,0	P94	43	17	52	1,9
P13	56	39	76	2,0	P54	5	0	5	0,0	P95	52	34	68	2,1
P14	54	42	75	2,0	P55	48	26	62	1,9	P96	23	6	26	2,0
P15	37	15	44	2,1	P56	32	17	41	1,9	P97	51	20	60	2,2
P16	17	10	22	2,0	P57	7	4	9	2,0	P98	32	16	40	2,0
P17	29	12	35	2,0	P58	17	10	22	2,0	P99	16	3	17	3,0
P18	64	32	80	2,0	P59	68	23	85	1,4	P100	88	60	118	2,0
P19	18	12	24	2,0	P60	22	8	26	2,0	P101	31	20	41	2,0
P20	14	15	22	1,9	P61	16	2	17	2,0	P102	53	36	71	2,0
P21	43	14	50	2,0	P62	20	10	25	2,0	P103	39	14	46	2,0
P22	44	16	52	2,0	P63	68	30	84	1,9	P104	40	24	55	1,6
P23	47	24	59	2,0	P64	63	21	81	1,2	P105	17	12	23	2,0
P24	25	20	35	2,0	P65	66	14	76	1,4	P106	83	61	113	2,0
P25	41	14	48	2,0	P66	50	36	68	2,0	P107	32	20	42	2,0
P26	62	22	73	2,0	P67	58	23	71	1,8	P108	38	20	48	2,0
P27	69	27	82	2,1	P68	59	20	69	2,0	P109	38	15	45	2,1
P28	74	27	88	1,9	P69	51	16	59	2,0	P110	16	10	21	2,0
P29	54	24	66	2,0	P70	38	14	45	2,0	P111	29	14	36	2,0
P30	43	24	56	1,8	P71	44	11	50	1,8	P112	55	12	61	2,0
P31	24	11	30	1,8	P72	25	20	35	2,0	P113	39	9	44	1,8
P32	81	48	102	2,3	P73	26	11	32	1,8	P114	64	39	84	2,0
P33	42	23	54	1,9	P74	25	13	32	1,9	P115	47	16	55	2,0
P34	27	10	32	2,0	P75	71	36	89	2,0	P116	76	34	93	2,0
P35	52	22	63	2,0	P76	46	26	59	2,0	P117	76	37	94	2,1
P36	81	33	97	2,1	P77	45	16	53	2,0	P118	71	38	91	1,9
P37	65	27	79	1,9	P78	8	2	9	2,0	P119	18	6	21	2,0
P38	16	4	18	2,0	P79	36	23	48	1,9	P120	18	8	22	2,0
P39	30	14	37	2,0	P80	59	32	76	1,9	P121	23	10	28	2,0
P40	52	37	70	2,1	P81	66	20	76	2,0	P122	18	13	24	2,2
P41	35	21	46	1,9	P82	62	20	72	2,0	P123	22	21	33	1,9

Tabela 2 - Variáveis básicas para a construção do *Box-Plot*

Variáveis	NOA	CFCabs	NOAC	CFCrel
Mínimo	5	0	5	1,806548
Q1	27	12	35	1,922619
Mediana	40	20	50	2
Q3	57	27	71,5	2
Máximo	102	49,5	126,25	2,116071

Conforme previsto pelo *Box-Plot*, os pontos discrepantes, que são considerados processos com elevada complexidade, estão acima do Limite Superior nomeado na Tabela 2 como variável “Máximo”. Estes pontos foram calculados para as quatro métricas de complexidade selecionadas e plotados no mesmo gráfico, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Gráfico *Box-Plot* da quantidade de elementos dos processos por métricas de complexidade



Legenda:

- 1 Número de atividades básicas em um processo (NOA)
- 2 Soma dos caminhos alternativos de cada tipo de desvio (CFCabs)
- 3 Número de atividades e elementos de controle de fluxo em um processo (NOAC)
- 4 Soma dos caminhos alternativos de cada tipo de desvio dividido pela soma de desvios (CFCrel)

Sendo assim, com esta análise foi possível identificar dezesseis (16) *outliers* que correspondem a dezesseis processos que podem ser considerados complexos por extrapolarem o Limite Superior definido para cada série de dados. Os processos estão denominados por P6, P8, P15, P32, P85, P87, P88, P89, P93, P95, P97, P99, P100, P106, P109 e P122.

Como o objetivo deste trabalho é mensurar a complexidade dos processos como forma de destacar aqueles de maior complexidade, foram analisados aqueles processos que se classificaram como *outlier* em mais de uma das métricas selecionadas e a amplitude de distância do limite superior de cada *outlier*. Nesta sequência desejada, estes são os processos que extrapolaram mais de uma série de dados ao mesmo tempo e com maior grau, do maior para o menor: P85, P87, P100,

P106, P99, P88, P32, P122, P93, P89, P97, P6, P8, P15, P109 e P95. Sendo assim, o P85, dentre os dezesseis processos, é considerado o processo de negócio mais complexo e assim sucessivamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem de processos é a representação do processo em atividades e elementos sequenciados que demonstram a compreensão do esforço realizado para a realização do processo de negócio. Com a representação das atividades e dos elementos, no modelo do processo, o trabalho apresentado buscou analisar os dados quantificáveis advindos da modelagem dos processos a fim de obter uma medida do grau de complexidade dos processos de negócio da organização.

Considerando que a alta complexidade dos processos prejudica a compreensão objetiva das atividades e exige a utilização excessiva de recursos para executá-los, a organização deve evitar a elevada complexidade por meio de análise e melhorias dos processos.

Diante do exposto, o estudo de caso cumpriu com o seu objetivo de mensurar a complexidade de processos da organização, propondo uma identificação dos processos que podem ser considerados mais complexos pelas análises realizadas, para que, então, a própria organização possa iniciar as ações de melhoria. Para tanto, foram analisadas métricas de avaliação de complexidade de processo que pudessem expressar o comportamento dos processos objeto do estudo. Uma vez aplicadas as métricas, partiu-se para a análise do comportamento relativo dos processos, onde a sua dispersão foi alvo da investigação. Sendo assim, por meio da utilização do gráfico de dispersão (*Box-Plot*) foram identificados os pontos discrepantes, que para a organização em questão, implica em processos que se comportam diferentemente dos demais.

Conforme apresentado, os processos identificados se caracterizam como mais complexos para a organização investigada. Os mesmos processos podem ser executados em outras organizações e não serem considerados de alta complexidade, pois esta análise irá depender do contexto em que estão inseridos, podendo haver outros processos que se classificam como *outliers*.

Para este trabalho, o resultado encontrado com a análise de complexidade tem grande relevância por apontar os processos que merecem uma atenção especial no

que concerne às melhorias as quais podem ser submetidos. Com isso, espera-se apoiar o decisor quanto aos processos que podem ser melhorados a fim de obter uma menor taxa de erro na realização das suas atividades.

A análise de complexidade, considerando as quatro métricas (NOA, CFCabs, NOAC, CFCrel), resultou numa porcentagem de 13% dos processos identificados que apresentam elevada complexidade. Este percentual de processos considerados complexos é representativo e pode implicar em grande impacto nos recursos organizacionais alocados para realização das atividades dos processos em questão.

O resultado desta análise possibilita aos decisores direcionar seus esforços para simplificar estes processos considerados de alta complexidade. Com isso, espera-se diminuir a taxa de erro no desempenho das atividades que compõem estes processos, assim como se espera reduzir os recursos envolvidos nestas atividades.

Para que a organização se mantenha em um ciclo contínuo de análise e melhoria de processos, é adequado que sejam estudadas métricas alternativas de análise de complexidade de processos para a identificação de novas melhorias. Também se faz necessário que a organização monitore e gerencie seus processos de negócio, implementando a Gestão de Processos de Negócio, para garantir que estes estejam sendo executados de uma forma eficiente e eficaz.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. P. de. Flexibility and modeling in business processes: a multi-dimensional relationship. **Revista de Administração de Empresas**, v. 52, n. 3, p. 313-329, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-75902012000300004>

ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Guia para o gerenciamento de processos de negócio corpo comum de conhecimento (BPM CBOK)**. Versão 2.0 – Terceira liberação em Português. 2009.

ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Guia para o gerenciamento de processos de negócio corpo comum de conhecimento (BPM CBOK)**. Versão 3.0. 2013.

BUSSAD, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

CAPELA, M. V.; CAPELA, J. M. V. Elaboração de gráficos box-plot em planilhas de cálculo. In: CONGRESSO DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL DA REGIÃO SUDESTE – CNMAC. **Anais..**

CARDOSO, J.; MENDLING, J.; NEUMANN, G.; REIJERS, H. A. A discourse on complexity of process models. In: BUSINESS PROCESS MANAGEMENT WORKSHOPS. Springer Berlin/Heidelberg, 2006. p. 117-128. https://doi.org/10.1007/11837862_13

CARDOSO, J. Business process control-flow complexity: Metric, evaluation, and validation. **International Journal of Web Services Research**, v. 5, n. 2, p. 49-76, 2008.

<https://doi.org/10.4018/jwsr.2008040103>

ERIKSSON, H. E.; PENKER, M. Business modeling with UML. In: BUSINESS MODELING WITH UML: BUSINESS PATTERNS AT WORK (WILEY). 2011. Disponível em:

<http://www.dsc.ufcg.edu.br/>. Acesso em: 07 fev 2016.

GRUHN, V.; LAUE, R. Adopting the cognitive complexity measure for business process models. In: **Cognitive Informatics, 2006. ICCI 2006. 5th IEEE International Conference on**. IEEE, 2006. p. 236-241. <https://dx.doi.org/10.1109/COGINF.2006.365702>

HAMMER, M. O que é Gestão de Processos de Negócio? In: J. VOM BROCKE; M. ROSEMANN (Orgs). **Manual de BPM – gestão de processos de negócio** (Capítulo 1). São Paulo: Bookman Editora, 2013.

KLUSKA, R. A.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Uma proposta de estrutura e utilização do Gerenciamento de Processos de Negócio (BPM). **Produção Online**, v. 15, n. 3, p. 886-913, 2015. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v15i3.1867>

LATVA-KOIVISTO, A. M. Finding a complexity measure for business process models. **Helsinki university of technology, systems analysis laboratory**. Helsinki, 2001.

LASSEN, K. B.; AALST, W. M. P. Complexity metrics for workflow nets. **Software Technology**, v. 51, p. 610-626, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.08.005>

MARTINHO, R.; RIJO, R.; NUNES, A. Complexity Analysis of a Business Process Automation: case study on a Healthcare Organization. **Procedia Computer Science**, v. 64, p. 1226-1231, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.510>

MENDLING, J.; NEUMANN, G. Error metrics for business process models. INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING, **19., 2007. Proceedings**. USA, p. 53-56, 2007.

MUKETHA, G. M.; GHANI, A. A. A.; SELAMAT, M. H.; ATAN, R. A Survey of Business Process Complexity Metrics. **Information Technology Journal**, v. 9, n. 7, p. 1336-1344, 2010. <https://doi.org/10.3923/itj.2010.1336.1344>

OBED, A.; GORALCZYK, A. Correspondence (letter to the editor): Non-uniform Box Plot. **Deutsches Arzteblatt International**, v. 107, n. 7, p. 122, 2010. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2010.0122a>

PAIM, R.; CARDOSO, V.; CAULLIRAUX, H.; CLEMENTE, R. **Gestão de processos: pensar, agir e aprender**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2009.

PEREIRA, R. T.; LORENZONI, L. L.; BARROS, J. P. S. D.; RESENDO, L. C.; DUBKE, A. F. Técnicas recentes para a modelagem de processos: Recomendações gerais. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO-ENEGEP, **29., 2009. Anais... Salvador, BA: ABEPRO**, 2009.

ROLÓN, E.; CARDOSO, J.; GARCÍA, F.; RUIZ, F.; PIATTINI, M. Analysis and validation of control-flow complexity measures with bpmn process models. In: ENTERPRISE, BUSINESS-

PROCESS AND INFORMATION SYSTEMS MODELING. Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 58-70. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01862-6_6

SANTOS, J. R. X. dos. **Quantificação da complexidade de processos de TI interdomínios**. Porto Alegre, RS: UFRGS. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Computação, 2012.

SOBREIRA NETTO, F. Gerenciamento de Processos de Negócio – BPM segundo a Gestão Empresarial e a Tecnologia da Informação: uma revisão conceitual. ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO – ANPAD, 33., 2009. **Anais...** São Paulo, Brasil, 2009.

TEGNER, M. G.; LIMA, P. N.; VEIT, D. R.; CORCINI NETO, S. L. H. Lean office e BPM: proposição e aplicação de método para a redução de desperdícios em áreas administrativas. **Produção Online**, v. 16, n. 3, p. 1007-1032, 2016. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v16i3.2308>

VANDERFEESTEN, I.; CARDOSO, J.; MENDLING, J.; REIJERS, H. A.; AALST, W. Quality Metrics for Business Process Models. In: **BPM and Workflow handbook**. Lighthouse Point: Future Strategies Inc., p. 179-190, 2007.

XAVIER, L.; ALENCAR, F.; CASTRO, J.; PIMENTEL, J. Integração de Requisitos Não-Funcionais a Processos de Negócio: Integrando BPMN e NFR. In: **Proceedings of the 13th Workshop em Engenharia de Requisitos (WER)**. Cuenca, Equador, April 2010. p. 29-50.

WEBER, B.; MUTSCHLER, B.; REICHERT, M. Investigating the effort of using business process management technology: Results from a controlled experiment. **Science of Computer Programming**, v. 75, n. 5, p. 292-310, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2009.12.003>

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookmann Editora, 2010.



Artigo recebido em 17/05/2017 e aceito para publicação em 20/12/2017
DOI <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v18i3.2878>